

Zdeněk GALDA¹

**TEPELNÁ ZÁTĚŽ BAZÉNOVÝCH HAL A JEJÍ VLIV NA PROVOZ
Z HLEDISKA ENERGETIKY**

**THERMAL LOADING OF THE SWIMMING-POOL HALLS AND ITS EFFECT
ON THE ENERGETICS MANAGEMENT**

Abstrakt

Článek zkoumá tři vybrané bazénové haly a jejich energetickou náročnost z hlediska tepelné zátěže, která má významný podíl na hospodaření s energiemi.

Klíčová slova

Energetické úspory, bazénová hala, větrání.

Abstract

The paper deals about three picked swimming-pool halls and the energy consumption from the view of the energy loading. This one has important rate in the energetics management.

Keywords

Energy savings, swimming-pool hall, ventilation.

1 ÚVOD

Tak jako na jiné objekty je také u bazénových hal kladen důraz na jejich energetickou a ekonomickou stránku provozu, které spolu velmi úzce souvisí. To vše za dodržení, či zlepšení komfortu pro uživatele i provozovatele objektů. Mnoho těchto objektů, jež byly vystavěny v minulých desetiletích, se dnes potýká s velmi závažnou situací, která panuje v energetické oblasti nejen na našem území. A tak byly vybrány tři kryté bazénové objekty, respektive bazénové haly, které poslouží jako příklad pro demonstraci vzniku reálné tepelné zátěže a její následný vliv na energetickou náročnost. S tím úzce souvisí taktéž stabilita vnitřního mikroklimatu. Vybrané objekty se nachází na území ostravsko-karvinského regionu. Pro výběr bylo přihlédnuto k těmto kritériím: rok výstavby objektů, plocha volné hladiny (délka všech plaveckých bazénů je 25 m), způsob využití vodní plochy, stavební stav objektů, způsob zásobování tepelnou energií objektů.

2 BAZÉNOVÉ HALY

2.1 Krytý bazén Ostrava-Vítek

Bazénový objekt byl postaven v roce 1969 skeletovým systémem s rozpětím železobetonových sloupů po 6 m. Obvodovou konstrukci dle původní projektové dokumentace tvoří vesměs ŽB panely a CP1 300 mm, podobně je tomu i s vnitřními dělicími konstrukcemi, stěna od šaten a sprch je z ŽB tl. 100 mm, stěna od tělocvičny je z CP1 300 mm. V podzemním podlaží se nachází zázemí pro technologickou a strojní část bazénu, sauna, šatny a ochlazovací bazén. Okenní

¹ Ing. Zdeněk Galda, Ph.D., Katedra prostředí staveb a Technické zařízení budov, Fakulta stavební, Vysoká škola Báňská-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava - Poruba, tel.: (+420) 597 321 907, e-mail: zdenek.galda@vsb.cz.

výplně na západní straně tvoří původní zdvojené sklo v ocelovém rámu, který se již rozpadá (hrozí vypadnutí tabulí). Ostatní výplně po obvodu bazénové haly jsou ze skleněných tvárnic. Střešní konstrukce je tvořena příhradovými nosníky se světlíkem, který je zabedněn. Střešní plášť je vytvořen z ŽB perforovaných panelů a pěnového skla. V pozdějších letech byl zde instalován podhled v úrovni osvětlení, náplň má však pouze vizuální. Objekt není rekonstruován.

Vytápění bazénové haly je zajištěno podlahovým vytápěním s teplotním spádem 45/35 °C, otopnými registry s teplotním spádem 90/70 °C, bez TRV. Teplovzdušné vytápění je kombinováno s uvedenými formami, teplota přírodního teplého vzduchu se pohybuje ~35 °C. Ohřivače VZT jsou řízeny impulsem dosažení (poklesem) požadované teploty z bazénové haly. Objekt je značně energeticky náročný.



Obr. 1: Interiér bazénové haly
Ostrava-Vítek [9]



Obr. 2: Pohled na výměňkovou stanici
vytápění [9]

2.2 Krytý bazén Havířov

Nosnými konstrukcemi objektu jsou železobetonové sloupky v rozpětí 6 m. Obvodový plášť tvoří transparentní prosklená stěna s ocelovými profily, zde jsou nosné sloupky ocelové a vylité betonem. Zdvojené prosklení je původní a ocelový rám již značně zkorodován (hrozí vypadnutí tabulí). Vnitřní dělicí stěna od tělocvičny je dvojí z CP1 200 mm (z obou stran) s mírně otevřenou vzduchovou mezerou (je zde snaha o utěsnění), která je součástí dilatační spáry. Stěna od zázemí je postavena z CD32 tl. 140 mm, v místech 2. NP (nad stanovištěm plavčíka) je z plynosilikátových tvárnic tl. 300 mm. Střešní konstrukci tvoří ocelové nosníky, na jejím spodním lici je zavěšen dřevěný obklad s akustickou a vizuální funkcí. Na tomto podhledu je položena původní tepelná izolace, která již pravděpodobně neplní svou funkci. Osvětlení je součástí podhledu. Střešní plášť je tvořen ŽB deskami s tepelnou izolací z polystyrenu o tl. 65 mm. Objekt není rekonstruován.



Obr. 3: Interiér bazénové haly v Havířově [9]



Obr. 4: Pohled na průčelí řešeného objektu
krytého bazénu v Havířově [9]

Vytápění bazénové haly je zajištěno opět podlahovým vytápěním s teplotním spádem 50/40 °C, které bylo v roce 1993 rekonstruováno. Dále původními otopnými registry a otopnými tělesy Kalor s teplotním spádem 90/70 °C, jsou bez TRV, a teplovzdušným vytápěním (teplota přiváděného vzduchu je ~40 °C), toto funguje až do teploty $\theta_i = 28$ °C, vzduchotechnika (Janka Radotín) disponuje cirkulací a ZZT. Teplý vzduch pro bazén je ohříván ve dvojici lamelových ohříváků. Regulační ventil na přívodu topné vody je řízen pomocí impulsu teploty z bazénové haly. V objektu jsou dva teplovodní topné okruhy: pro tělocvičnu a pro bazén. Objekt je taktéž značně energeticky náročný, a to především kvůli prosklenému obvodovému plášti.

2.3 Krytý bazén Orlová

Nosnými konstrukcemi objektu jsou opět železobetonové sloupy v rozpětí 6 m s typizovaným montovaným skeletem, jehož obvodové konstrukce jsou tvořeny struskopemzobetonovými panely tl. 300 mm s kontaktním zateplovacím systémem Baumit s tl. Polystyrenu Baumit Open 200 mm. Okna v bazénové hale byla zmenšena cca na poloviční velikost a osazena okny se součinitelem prostupu tepla $U = 1,2$ W/(m².K). Zbytek obvodového pláště byl dozděn tvárnicí Poroetherm 30P tl. 300 mm. Střešní konstrukce je tvořena železobetonovými panely tl. 120 mm a extrudovaným polystyrenem tl. 280 mm. Podhled v bazénové hale je trvale provětráván a v případě zvýšené vlhkosti je provětrávání automaticky zintenzivněno. Objekt byl kompletně rekonstruován v roce 2007.

Předávací stanice upravuje sekundární topnou vodu na teplotní spád 92/67 °C v zimním období a 70/40 °C v období letním. Teplovodní vytápění je konstruováno na teplotní spád 70/50 °C a podlahové vytápění na teplotní spád 50/40 °C. Oba typy vytápění jsou ekvitermně regulovány. Obvod s radiátorovými tělesy (umístěn v prostorách mimo halu) je řešen jako doplňkový v případě nepokrytí tepelného výkonu podlahovým vytápěním a vzduchotechnikou. Rozvod pro vzduchotechniku je řešen samostatně. Větrání a teplovzdušné vytápění zajišťují dvě jednotky Menegra 37.19.01 a 55.19.01. Tyto jsou vybaveny funkcí cirkulace oběhového vzduchu a zpětným získáváním tepla cca 70 %. Teplota přivodního vzduchu je optimalizována na cca 30°C. Přídavným zařízením je instalována kogenerační jednotka Tedom Premi F25 AP, jejíž prioritou je výroba elektrické energie. Jde o doplňkový zdroj: 20 – 40 kW pro zásobování teplovodních systémů ústředního vytápění, ohřevu teplé vody, ohřevu bazénové vody a vzduchotechniky.



Obr. 5: Interiér bazénové haly v Orlové [9]



Obr. 6: Kogenerační jednotka [9]

3 TEPELNÁ ZÁTĚŽ A CELKOVÁ TEPELNÁ BILANCE OBJEKTŮ

Pro určení tepelného výkonu pro vytápění objektu se užívá metodiky dle normy ČSN EN 12831. Tento tepelný výkon (ztráta) je ovlivněn nejen prostupem tepla konstrukcí a větráním, ale i tepelnými zisky, které se v bazénových zařízeních značnou měrou podílejí na celkovém tepelném chování objektu. Abychom mohli adekvátně přijmout opatření vedoucí ke snížení energetické náročnosti bazénových hal, je nutno nejprve stanovit tepelnou zátěž (zisky) od vnitřních zdrojů energie a posléze vyhodnotit toto v tzv. tepelné bilanci objektu.

3.1 Vyhodnocení tepelných zisků

Tepelné zisky (potažmo zátěž) byly vyhodnoceny pro všechny bazénové haly, a to pro původní a navržený stav dle současně platných požadavků na stavební obalové konstrukce uvedených v [2]. Toto vyhodnocení bylo provedeno pro letní období, protože sluneční radiace má zde významný podíl na celkové tepelné zátěži. Zatímco v zimním období se tyto zisky sluneční radiací zanedbávají právě kvůli celkově nízké intenzitě slunečního ozáření. Nově navržené konstrukce do značné míry pozitivně ovlivnily stabilitu vnitřního mikroklimatu a dle výpočtu byla tato tepelná zátěž snížena cca o 15 – 120 % u vybraných bazénových hal, viz obr. 7.

Došlo tak ke stabilizaci vnitřního prostředí a následné možnosti lepší regulaci větrání (popř. chlazení) řešených prostor. Tím i snížení potřeby větracího (chladicího) vzduchu, což povede k celkové úspoře energie pro pohon ventilátorů (popř. chladicího výkonu).

Při výpočtu byl použit výpočtový program QPRO – Tepelné zisky, který respektuje [3]. Jako stálé tepelné zisky byly do výpočtu zahrnuty:

- vázané teplo z odparu bazénové vody;
- vzduch sloužící k větrání prostoru bazénové haly (min. 2 -/h dle [8]).

Jak bylo uvedeno, pro navržené stavy byly použity nové vypočtené hodnoty součinitelů prostupu tepla konstrukcí dle ČSN 73 0540-2. Původní okenní výplně byly u objektů Ostrava-Vítek a Havířov nahrazena výplní novou s $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. U objektu Orlová byla ponechána původní s $U = 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Původní stavy objektů Ostrava-Vítek a Havířov jsou bez jakýchkoliv stínících prostředků. Objekt Orlová využívá mírně reflexní okenní výplň ($s = 0,6$ dle [3]) Nové okenní výplně byly dále doplněny stínícími prostředky:

- protisluneční fólií se stínícím součinitelem $s = 0,49$ (LLumar Silver 50);
- pevnými venkovními žaluziemi (stínící součinitel $s = 0,13$ dle Tab. 8 [3]), aby byl zlepšen stínící efekt proti přímé sluneční radiaci.

Primárními faktory, které ovlivňují tepelné zisky, potažmo celkovou tepelnou zátěž vnitřního prostoru, zvenčí jsou tyto:

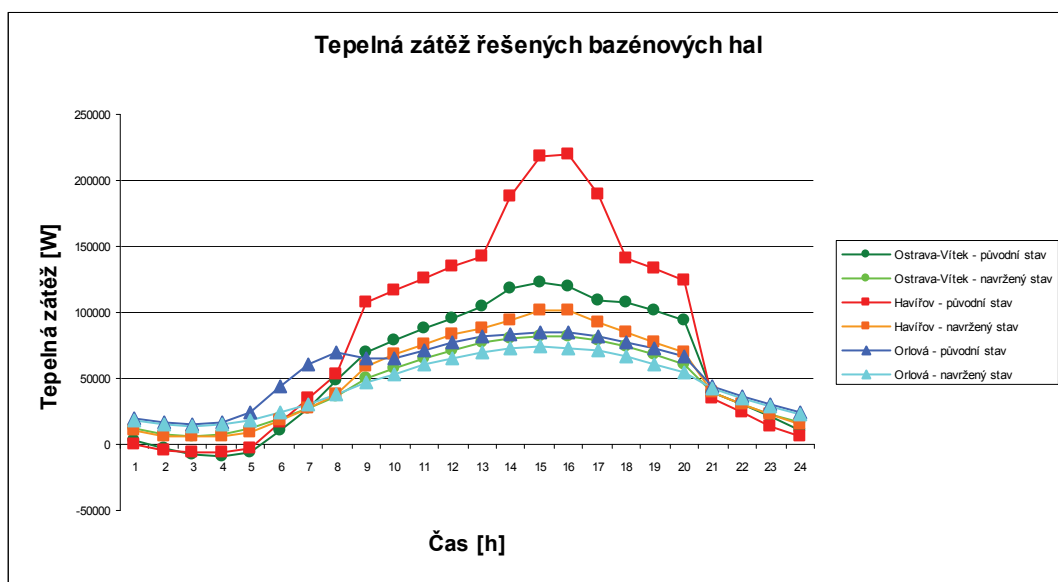
- natočení objektu vůči světovým stranám;
- prosklení objektu vůči světovým stranám;
- velikost prosklení;
- absence vnějších stínících prostředků;
- intenzita větrání vnitřního prostředí venkovním čerstvým vzduchem (bez ochlazení).

Mezi sekundární faktory, které ovlivňují celkovou tepelnou zátěž, můžeme naopak zařadit tyto:

- měrná tepelná kapacita obalových konstrukcí;
- vnitřní tepelné zisky.

Pohyb vrcholu tepelné zátěže mezi jednotlivými měsíci je zapříčiněn celkovým součtem jednotlivých tepelných zisků, které se změnou jednotlivých konstrukčních opatření mění.

V případech Ostrava-Vítek a Havířov můžeme pozorovat, že tepelná zátěž celkově kopíruje vnější prostředí, včetně okamžitých změn na přímou sluneční radiaci, a je tedy hůře regulovatelná. Zatímco u navržených stavů došlo téměř k totožnému průběhu tepelné zátěže a ta kopíruje hlavně teplotu venkovního přírodního vzduchu, který v letních měsících nahrazuje energeticky náročné aktivní chlazení klimatizací.



Obr. 7: Průběh tepelných zátěží bazénových hal Ostrava-Vítek, Havířov a Orlová

3.2 Celková tepelná bilance pro letní a zimní období

Celková tepelná bilance objektu se stanoví součtem jednotlivých složek tepelných zisků a ztrát:

$$Q_c = Q_{OR} + Q_U + Q_U + Q_L + Q_{hl} + Q_l \quad (1)$$

kde:

- Q_{OR} - je tepelný sluneční zisk radiací [W],
- Q_U - tepelný prostup tepla stavebními konstrukcemi [W],
- Q_L - tepelný zisk od osob [W],
- Q_{hl} - přestup tepla mezi hladinou a okolním vzduchem [W],
- Q_l - zisk vázaným teplem daný odparem z volné hladiny [W].

Celková tepelná bilance řešeného objektu je tedy součtem citelného a vázaného tepla. Jednotlivé složky celkové tepelné bilance pak mají různá (kladná nebo záporná) znaménka. Celková tepelná bilance pro letní a zimní stav, včetně původního a navrženého, je uvedena v tabulce 1.

4 NÁVRH VĚTRÁNÍ

Pro návrh větrání (letní období) objektu je nutno vycházet z celkové tepelné bilance stanovené pro dané období. Bylo využito návrhu, který se řídí směrovým měřítkem, toto je definováno vztahem:

$$\delta = \frac{Q_c}{M_w} \quad (2)$$

kde:

- Q_c - celková tepelná bilance objektu [W],
- M_w - množství odpařené vody [g/s].

Směrové měřítko udává směr změny stavu vzduchu a je vztaženo k referenčnímu bodu v h-x diagramu.

Tab. 1: Celková tepelná bilance

Tepelné stavy	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Havířov	Krytý bazén Orlová
Tepelné zisky od osob [W]	4800	4800	5400
Přestup tepla mezi vodní hladinou a okolním vzduchem [W]	3000	3125	2985
Tepelný zisk od osvětlení [W]	11950	10160	9139
Tepelný zisk ozářením - léto (původní stav) [W]	70441	156858	10521
Tepelný zisk ozářením - léto (navržený stav) [W]	16005	38305	1416
Tepelný zisk vázaným teplem [W]	64818	67518	64493
Prostup tepla stavebními konstrukcemi - zima (původní stav) [W]	190597	154677	107169
Prostup tepla stavebními konstrukcemi - zima (navržený stav) [W]	77937	93512	84315

Poznámka: Dle vyhlášky č. 135/2004 Sb. tepelný zisk od osvětlení - intenzita osvětlení krytý bazén min. 250 lux, světelný zdroj: výbojka, produkce tepla 15 W/m².

Celková tepelná bilance - léto (původní stav) [W]	132259	221251	72029
Celková tepelná bilance - léto (navržený stav) [W]	77823	102698	62924
Celková tepelná bilance - zima (původní stav) [W]	-116829	-80124	-36522
Celková tepelná bilance - zima (navržený stav) [W]	-4169	-18959	-13668

4.1 Letní období

Při návrhu bylo vycházeno z předpokladu nepřekročení maximální povolené vlhkosti $\varphi_i = 65 \%$ dle [7] [8]. Hranice byla zvolena na $\varphi_i = 60 \%$. Dále musí být dodržena maximální intenzita výměny vnitřního vzduchu (maximálně 9 – 12 -/hod). Při vyšších intenzitách hrozí riziko vzniku průvanu. V letním období bylo uvažováno se 100 % přiváděného venkovního vzduchu. Maximální návrhová vnitřní teplota byla stanovena na $\theta_i = 31 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$. Při vypočtených vnitřních parametrech vychází intenzita větrání pro původní stavy bazénových hal takto:

- Ostrava-Vítek: 14,2 -/hod, Havířov: 29,7 -/hod, Orlová: 2,9 -/hod.

Z toho je zřejmé, že na objektu Ostrava-Vítek je intenzita větrání na požadované hranici. Toto lze připustit s ohledem na vhodné technické provedení přívodních výustek vzduchu, které by rovnoměrně provětraly prostor.

U objektu Havířov je tepelná zátěž příliš vysoká (prosklení obvodového pláště tvoří cca 50 %) a tento stav již nelze za uvedených předpokladů zvládnout (ochladit) jen přívodem venkovního čerstvého vzduchu. Proto byl uvažován stav aktivního chlazení prostoru bazénu. Okrajové podmínky

zůstaly totožné. Avšak v případě maximální možné intenzity větrání i na mezi únosnosti $I = 12$ -/hod, byla vypočtena teplota přiváděného vzduchu $t_{ich} = 18,97$ °C, což je nevhodné z hlediska komfortu i energetické náročnosti (potřeba energie je 460,7 kW na chlazení). Teplota přiváděného vzduchu do ochlazované místnosti by neměla překročit 7 K dle [1]. Ani jedna varianta není vhodná. Proto je v těchto případech lépe uvažovat s lepšími tepelně-technickými parametry konstrukcí, či věnovat značnou pozornost stínícím prostředkům, a taktéž za tohoto stavu využít přirozenou aeraci objektu. Pro navržené stavy vedoucí ke zlepšení tepelně technických parametrů jednotlivých konstrukcí vychází intenzity větrání takto:

- Ostrava-Vítek: 2,9 -/hod, Havířov: 7,4 -/hod, Orlová: 2,6 -/hod.

U krytého bazénu Orlová je při návrhu nutno dbát, aby nebyla překročena hranice $\varphi_i = 60$ %. Tyto parametry jsou již vyhovující a plně dostačují k požadované úpravě vnitřního prostředí.

4.2 Zimní období

Pro ekonomický návrh teplovzdušného vytápění, pro zimní období, bylo potřeba využít všechny možnosti k úspoře energie. Přívod pokrývající 100 % venkovního vzduchu je energetický náročný vzhledem k jeho ohřevu, neboť aby byla odvedena veškerá nadbytečná vlhkost, bylo by nutno relativně velké intenzity výměny vnitřního vzduchu. Proto bylo uvažováno s využitím systému zpětného získávání tepla a cirkulace.

Okrajové podmínky byly zvoleny dle [8], tedy $\theta_i = 28$ °C, $\varphi_i = 60$ %. Účinnost rekuperace byla uvažována 70 %. Podíl cirkulace a přiváděného čerstvého vzduchu byl stanoven dle [1]. Objem čerstvého vzduchu byl stanoven na 2000 m³/h. Opět bylo využito principu směrového měřítka. Rozdíl teplot přiváděného vzduchu se stanoví dle:

$$\Delta t_p = \frac{Q_c}{c \cdot V \cdot \rho} \quad (3)$$

kde:

- c - je měrná tepelná kapacita vzduchu [J/(kg.K)],
- V - objemový průtok přiváděného vzduchu [m³/s],
- ρ - hustota vzduchu [kg/m³].

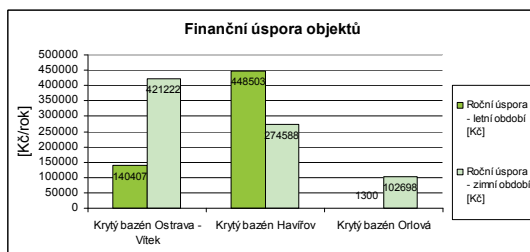
Pro původní stav řešení byla zvolena (ve všech případech) výměna vzduchu 4 -/h, neboť teploty přiváděného vzduchu dosahují:

- Ostrava-Vítek: 40,7 °C, Havířov: 37,8 °C, Orlová: 33,3 °C.

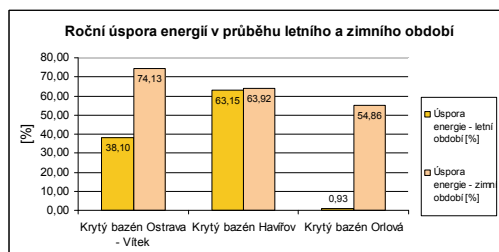
Teplejší vzduch než 40°C není vhodné přivádět z hlediska tepelného komfortu a energetické náročnosti. Proto se využívá kvantitativní regulace. Pro navrženou variantu byla intenzita výměny vzduchu stanovena na 2 -/h vzhledem k požadavkům dle [8]. Zde teploty přiváděného vzduchu jsou:

- Ostrava-Vítek: 29,1 °C, Havířov: 32,6 °C, Orlová: 31,9 °C.

Z výsledků je zřejmé, že celková tepelná bilance po přijetí konstrukčních návrhů se blíží nule. Tedy tepelná ztráta je vyrovnávána celkovými tepelnými zisky a to především vázaným teplem z hladiny.



Obr. 8: Roční finanční úspora energií větráním v průběhu letního a zimního období 2010



Obr. 9: Procentuální vyjádření úspor energií větráním v průběhu letního a zimního období 2010

Tab. 2: Přehled potřeb výkonů při větrání řešených bazénových hal

Potřebný výkon	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Letní období - původní stav [W]	123100	258900	75200
Letní období - navržený stav [W]	76200	95400	74500
Letní období - původní stav (chlazení) [W]	-	460790	-
Zimní období - původní stav [W]	189800	156600	100800
Zimní období - navržený stav [W]	49100	56500	45500

Poznámka: Provoz se předpokládá cca 2160 h/rok

Potřebná energie	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Letní období - původní stav [kWh]	265896	559224	162432
Letní období - navržený stav [kWh]	164592	206064	160920
Letní období - původní stav (chlazení) [kWh]	-	995306	-
Zimní období - původní stav [kWh]	409968	338256	217728
Zimní období - navržený stav [kWh]	106056	122040	98280
Potřebná energie	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Letní období - původní stav [GJ]	957	2013	585
Letní období - navržený stav [GJ]	593	742	579
Letní období - původní stav (chlazení) [GJ]	-	3583	-
Zimní období - původní stav [GJ]	1476	1218	784
Zimní období - navržený stav [GJ]	382	439	354
Kč/GJ (pro rok 2010)	385	352,77	238,82
Finanční náročnost	Krytý bazén Ostrava - Vítek	Krytý bazén Haviřov	Krytý bazén Orlová
Letní období - původní stav [Kč]	368532	710199	139651
Letní období - navržený stav [Kč]	228125	261696	138351
Letní období - původní stav (chlazení) [Kč]	-	1264010	-
Zimní období - původní stav [Kč]	568216	429576	187192
Zimní období - navržený stav [Kč]	146994	154987	84495
Roční úspora - letní období [Kč]	140407	448503	1300
Roční úspora - zimní období [Kč]	421222	274588	102698
Úspora energie - letní období [%]	38,10	63,15	0,93
Úspora energie - zimní období [%]	74,13	63,92	54,86

Z výpočtů je patrné, že největší energetický přínos mají změny provedené na objektu Havířov. Tato rapidní změna je připisována především změně tepelně technických parametrů vnějšího obvodového proskleného pláště (cca 50 % obvodové plochy bazénové haly) včetně stínících prvků.

Naopak podobné změny přijaté na objektu Orlová se v letních měsících téměř nepromítnou ani do finanční, ani do energetické úspory. Jinak je tomu ovšem v zimních měsících.

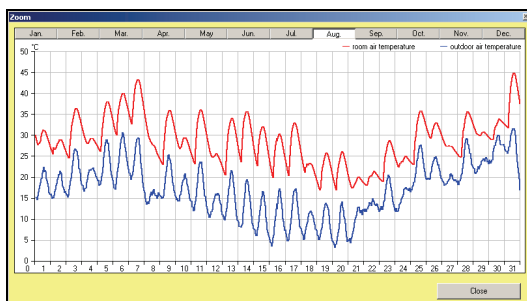
5 MODELACE VNITŘNÍHO MIKROKLIMATU

Modelová simulace slouží ke konkrétní představě chování posuzované bazénové haly v průběhu roku. Dává určitou představu o chování vnitřního mikroklimatu, především v letních měsících. Tato data nás informují o možnostech přijetí dílčích opatření, která by vedla ke snížení spotřeby energií a stabilizovala vnitřní prostředí na přijatelných podmínkách. Proto pro účel simulace byla vybrána bazénová hala Havířov. Příčiny byly tyto:

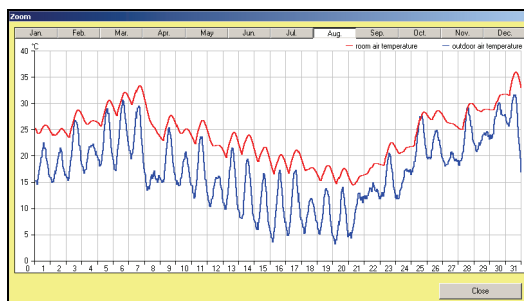
- velké prosklení obvodového pláště (50 % z celkové plochy);
- nejhorší stabilita vnitřního prostředí, viz obr. 7.

Simulace byla provedena programem CASanova 3.3, který vychází svým původním zpracováním z normy EN 832/2000 Thermal performance of buildings a jejím následném nahrazení normou EN ISO 13790/2008 Energy performance of buildings [4], [5], [6]. Na bazénovou halu Havířov byl uplatněn jednozónový případ který splňuje kritéria výpočetního programu a normy. K výpočtu vnitřního mikroklimatu je využito tzv. jednozónového dynamického tepelného modelu.

Simulace byla provedena nejprve pro původní (současný) stav stavebních konstrukcí, vnitřních podmínek, tepelné zátěže a zdroje energie k vytápění. Poté následovala varianta s navrženými stavebními úpravami dle ČSN 73 0540-2. Model je sestaven pro nejteplejší měsíc v roce (nejvyšší tepelné zisky) a je konstruován tak, aby postihl tepelně-technické vlastnosti bazénové haly a její zasazení mezi okolní zástavbu včetně orientace ke světovým stranám.



Obr. 10: Průběh teplot v bazénové hale v letním období (původní stav)



Obr. 11: Průběh teplot v bazénové hale v letním období (navržený stav)

Z uvedených obrázků je zřejmá stabilizace vnitřního teplotního mikroklimatu v letních měsících, kdy teploty již nekopírují teploty venkovního vzduchu a nedosahují tak 45 °C, viz obr. 8 (červená křivka). Tyto výpočtové parametry byly potvrzeny i provozovatelem objektu.

6 ZÁVĚR

Z uvedeného článku je patrna značná energetická a potažmo i finanční úspora u jednotlivých bazénových hal, viz tab. 2.

Dále je zřejmé, že dílčí úprava jednotlivých stavebních obalových konstrukcí má nejen příznivý vliv na tepelnou ztrátu bazénové haly, ale podílí se značnou měrou i na eliminaci tepelných zisků, především od sluneční radiace.

Tato změna je nejvíce viditelná u objektů Havířov a Ostrava-Vítek, kde došlo dílčími úpravami k úspoře energie v letních měsících o 63,15 % u haly Havířov a 38,10 % u haly Ostrava-Vítek. Naproti tomu u rekonstruovaného objektu Orlová je tato úspora pouhých 0,93 %. V zimním

období opět dochází po navržených úpravách respektujících ČSN 73 0540-2 k úsporám energie od 54,86 – 74,13 %. Pozitivní změna tepelně-technických vlastností bazénových hal s sebou nesla i snížení energetické náročnosti na technickou vybavenost, jež se podílí na větrání a vytápění jednotlivých hal.

Vnitřní mikroklima bazénové haly Havířov se dílčími úpravami zlepšilo a došlo tak ke stabilizaci vnitřní teploty, jež neprokazuje tak enormní kopírování s teplotou vnější (nedochází k přehřívání a ochlazování bazénové haly). Tímto dále dochází i ke snížení požadovaných výkonových parametrů na strojní vybavení zajišťující větrání a vytápění bazénových hal (potažmo celých objektů) a tak i snížení energetické náročnosti.

LITERATURA

- [1] CHYSKÝ, J., HEMZAL, K. a kolektiv. *Větrání a klimatizace* Brno : Bolit, 1993. 490 s. ISBN 80-901574-0-8.
- [2] ČSN 73 0540-2 : 2007. *Tepelná ochrana budov, Část 2 – Požadavky*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 44 s.
- [3] ČSN 73 0548 : 1985. *Výpočet tepelné zátěže klimatizovaných prostorů*. Praha : Český normalizační institut, 1985. 32 s.
- [4] ČSN EN ISO 13790 : 2009. *Energetická náročnost budov – Výpočet spotřeby energie na vytápění a chlazení*. Praha : Český normalizační institut, 2009. 139 s.
- [5] ČSN EN ISO 13789 : 2009. *Tepelné chování budov – Měrné tepelné toky prostupem tepla a větráním – Výpočtová metoda*. Praha : Český normalizační institut, 2009. 19 s.
- [6] ČSN EN 13465 : 2004. *Větrání budov – Výpočtové metody pro stanovení průtoku vzduchu v obydlích*. Praha : Český normalizační institut, 2004. 36 s.
- [7] ČSN EN 15239 : 2009. *Větrání budov - Energetická náročnost budov - Směrnice pro kontrolu větracích systémů*. Praha : Český normalizační institut, 2009. 39 s.
- [8] Vyhláška č. 135/2004 Sb., *kteou se stanoví hygienické požadavky na koupaliště, sauny a hygienické limity písku v pískovištích venkovních hracích ploch*
- [9] Archiv autora

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Karel Papež, CSc., Katedra technických zařízení budov, Fakulta stavební, České vysoké učení v Praze.

Doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D., Katedra energetiky, Fakulta strojní, Vysoká škola Báňská – Technická univerzita v Ostravě.